

О целесообразности и возможности скрининга глаукомы в современных реалиях

СИМАКОВА И.Л., д.м.н., профессор кафедры офтальмологии¹;
<https://orcid.org/0000-0001-8389-0421>

ГРИГОРЯН Л.А., заместитель генерального директора по развитию бизнеса и управлению инновациями²; <https://orcid.org/0000-0001-5610-4421>

СЕРДЮКОВА С.А., к.м.н., врач-офтальмолог, заведующая офтальмологическим отделением³.
<https://orcid.org/0009-0007-5255-2041>

¹Кафедра офтальмологии ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, 194044, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Боткинская, 21;

²ООО «Тотал Вижен», Москва, 119234, Российская Федерация, муниципальный округ Раменки, ул. Ленинские горы, 1, строение 77, 101а;

³Офтальмологическое отделение клиничко-диагностической поликлиники лечебно-диагностического центра ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ, 194044, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Боткинская, 21..

Финансирование: авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.
Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Симакова И.Л., Григорян Л.А., Сердюкова С.А. О целесообразности и возможности скрининга глаукомы в современных реалиях. *Национальный журнал глаукома*. 2023; 22(3):87-97.

Резюме

Глаукома в нашей стране, как и во всем мире, является одной из главных причин слабовидения и необратимой слепоты. Принимая во внимание огромные затраты бюджета любой страны, как прямые, так и косвенные, на обеспечение офтальмологической помощи достаточно большому контингенту глаукомных пациентов, в том числе ежегодные потери экономической производительности, связанные с нарушением зрительных функций, целесообразность скрининга глаукомы не вызывает сомнений. Кроме того, выявление больных в начале заболевания позволит раньше приступить

к их лечению, направленному на стабилизацию глаукомного процесса. Однако возможно ли выполнение скрининга глаукомы в современных реалиях и какие методы исследования следует использовать при его проведении? На эти вопросы мы попытались найти ответы, выполнив обзор литературы и проанализировав современные публикации, посвященные проблеме скрининга глаукомы в разных странах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, скрининг глаукомы, модель скрининга глаукомы, ранняя диагностика глаукомы.

Для контактов:

Симакова Ирина Леонидовна, e-mail: irina.l.simakova@gmail.com

LITERATURE REVIEW

The possibility and practicality of glaucoma screening in modern society

SIMAKOVA I.L., Dr. Sci. (Med.), Professor at the Academic Department of Ophthalmology¹;
<https://orcid.org/0000-0001-8389-0421>

GRIGORYAN L.A., Deputy Chief Officer for Business Development and Innovation Management²;
<https://orcid.org/0000-0001-5610-4421>

SERDIUKOVA S.A., Cand. Sci. (Med.), ophthalmologist, Head of the Ophthalmological Department³.
<https://orcid.org/0009-0007-5255-2041>

¹S.M. Kirov Military Medical Academy, Academic Department of Ophthalmology, 21 Botkinskaya St., Saint Petersburg, Russian Federation, 194044;

²OOO Total Vizhen, 1-77 Leninskie Gory St., ofc. 101a, Moscow, Russian Federation, 119234;

³S.M. Kirov Military Medical Academy, Clinical and Diagnostic Polyclinic of the Medical and Diagnostic Center, 21 Botkinskaya St., Saint Petersburg, Russian Federation, 194044.

Funding: the authors received no specific funding for this work.
Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Simakova I.L., Grigoryan L.A., Serdiukova S.A. The possibility and practicality of glaucoma screening in modern society. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2023; 22(3):87-97.

Abstract

Glaucoma is one of the main causes of low vision and irreversible blindness both in Russia and all over the world. Taking into account the huge budget expenditures of any country, both direct and indirect, required to provide ophthalmological care to a sufficiently large contingent of glaucoma patients, including annual losses of economic productivity associated with visual impairment, the practical importance of glaucoma screening is beyond doubt. In addition, identification of patients at the onset of the

disease would allow earlier start of the treatment aimed at stabilizing the glaucoma process. However, the questions remain whether it is possible to perform glaucoma screening in current realities, as well as what research methods should be used. To find the answers to these questions, we reviewed the literature and analyzed modern publications on the problem of glaucoma screening in different countries.

KEYWORDS: glaucoma, glaucoma screening, glaucoma screening model, early diagnosis of glaucoma.

Зрение и зрительные образы создают самую большую, значимую и актуальную информационную систему человека и поэтому жизненно необходимы на каждом этапе его существования. Нарушения зрения, наряду с онкологическими, сердечно-сосудистыми заболеваниями и деменцией, являются одной из ведущих проблем общественного здоровья в РФ так же, как и во всем мире. Согласно данным, опубликованным ВОЗ во «Всемирном докладе о проблемах зрения» (2020), во всем мире, по меньшей мере, 2,2 млрд человек живут с той или иной формой нарушения зрения, и из них, как минимум, 1 млрд человек страдает нарушениями зрения, которые можно было бы предотвратить или устранить. В ближайшие десятилетия рост и старение населения, изменения в поведении и образе жизни, а также урбанизация приведут к резкому увеличению числа людей с заболеваниями глаз, нарушениями зрения и слепотой [1].

В последнее время в широкой медицинской практике все чаще используется понятие «экономика здоровья», пришедшее на смену существующему термину «фармакоэкономика» [2]. Лечебно-диагностический процесс — это сложный комплекс мероприятий, всесторонний экономический анализ которого требует оценки используемых методов диагностики и лечения, последующего наблюдения и ухода за больными, а также учета затрат от снижения производительности труда у работающей части большого контингента. Проблемы определения экономического ущерба от того или иного заболевания, так же, как и стоимости лечения, являются сегодня одними из самых обсуждаемых и важных проблем в клинической медицине.

Нарушения зрительных функций вследствие глаукомы негативно влияют на связанное со здоровьем качество жизни пациентов (HRQoL, Health Related Quality of Life) по многим критериям, включая такие

важные, как ходьба, чтение и вождение автомобиля. Психологическое бремя увеличивается по мере ухудшения зрения наряду с растущим страхом перед слепотой, необходимостью в социальном уходе из-за нарушения зрения и связанной с этим депрессией [3]. Известно, что потеря зрения может стать причиной депрессивных состояний, диагностика и лечение которых, в свою очередь, значительно повышают расходы национальной системы здравоохранения. Относительный риск депрессии в 3,5 раза выше среди тех, кто страдает от нарушений зрения [4].

Оценка связанной с нарушением зрения мировой ежегодной потери экономической производительности, по данным зарубежных исследований, на 2020 год составила порядка 411 млрд долларов США [5]. По подсчетам специалистов Чикагского университета, общее экономическое бремя глазных расстройств и потери зрения в Соединенных Штатах в 2013 году оценивалось в 139 млрд долларов [6]. Хотя точная цифра неизвестна, по оценкам ВОЗ 11,9 млн человек в мире страдают умеренным или тяжелым нарушением зрения либо слепотой вследствие глаукомы, диабетической ретинопатии и трахомы, которые можно было бы предотвратить. Предполагаемые затраты на профилактику этих 11,9 млн случаев нарушения зрения составили бы 32,1 млрд долларов США. Это представляет собой упущенную возможность предотвратить существенное персональное и социальное бремя, связанное с нарушением зрения и слепотой [1]. В этой связи, наряду с другими хроническими заболеваниями, глаукома имеет ряд особенностей, характеризующих ее как затратную и имеющую медико-социальное значение болезнь [7].

Как известно, глаукома до сих пор остается одной из главных причин первичной инвалидности вследствие глазной патологии во всем мире, сохраняя в РФ на протяжении многих лет первое место в нозологической структуре инвалидности по зрению. Распространенность первичной инвалидности вследствие глаукомы выросла практически в 9 раз — с 0,04 до 0,35 на 1 000 взрослого населения, при этом в различных регионах РФ показатели значительно варьируют. Одной из главных причин такого бедственного положения является поздняя диагностика этого заболевания. По данным некоторых эпидемиологических исследований, в РФ в 40%...80% случаев глаукома диагностируется в продвинутых стадиях [8].

Распространенность глаукомы, особенно в III и IV стадиях заболевания, способствует значительным затратам бюджета [7]. Эти затраты принято разделять на прямые и косвенные. Прямые медицинские расходы включают в себя глазные препараты, посещения врача и медучреждения, а также диагностические и лечебные вмешательства, включая оперативное (лазерное и хирургическое) лечение, связанные с глаукомой. Прямые же немедицинские расходы включают транспорт, государственные

программы закупок, страховые выплаты, пособия по инвалидности, собак-поводырей и уход в домах престарелых. Косвенные затраты отражают потерю производительности труда, дни, пропущенные на работе самими больными, и могут включать в себя расходы, связанные с потерей производительности труда лиц, осуществляющих уход за больными (члены семьи, друзья и др.). Финансовое бремя глаукомы увеличивается по мере прогрессирования заболевания. Исследование в США, выполненное R. Varma et al. (2011), показало 4-кратный рост прямых затрат при сравнении по этому критерию начальной (I) и далеко зашедшей (III) стадии глаукомы [3]. Аналогичная тенденция наблюдалась в Европе, где прямые расходы на лечение III стадии глаукомы в 2,1 раза превышали таковые на лечение I стадии заболевания [9]. На Украине, по данным С.А. Рыкова и О.П. Витковской (2010), затраты на одного больного с глаукомой в продвинутых стадиях по сравнению с начальной стадией были также в 1,9–2,2 раза больше [10].

Глаукома ежегодно уносит примерно 2,5 млрд долларов из бюджета здравоохранения США только в виде прямых медицинских расходов. По оценкам экономистов в области здравоохранения, более 1,5 млрд долларов США расходуется на пособия по социальному обеспечению и включают потерянные поступления от подоходного налога нетрудоспособной части больных, связанные с глаукомой [11]. При этом косвенные потери от глаукомы значительно больше и, кроме того, к ним необходимо прибавить не прямые финансовые издержки от потери качества жизни больных. Ежегодная стоимость потери качества жизни, связанной с нарушением зрения и слепотой в Великобритании, по данным Pezzullo L. et al. (2018) составила 19,5 или 28,1 миллиарда фунтов стерлингов в зависимости от набора используемых категорий (потеря здорового образа жизни, потеря благосостояния и пр.) [12].

Расчеты затрат государства вследствие заболеваемости населения первичной глаукомой на Украине показали, что на одного пациента трудоспособного возраста они составляют 3 848 долларов США в год, пенсионного возраста — 824 доллара США в год. Кумулятивные затраты Украины в результате заболеваемости населения глаукомой составили 294,7 млн долларов США в год (по данным 2008 г.). При прогнозировании затрат до 2017 г. установлено, что они возрастут в 1,4 раза (без учета коэффициента инфляции). В то же время в случае снижения заболеваемости первичной глаукомой в трудоспособном возрасте на 0,5% от уровня 2008 г. экономический эффект выражается в экономии 897 тыс. долларов США в год, а при снижении на 5,0% — 26,2 млн долларов США в год [10].

Экономические затраты, связанные со слепотой в Индии, в 2019 году оценивались в 1 158 млрд индийских рупий, или 54,4 млрд долларов США. Наибольшая их часть была связана с производственными

потерями, в то время как вторая по величине часть — с оплатой специалистам, осуществляющим уход за больными. Более консервативная оценка, учитывающая только производственные потери и повышенный риск смертности, в частности, от несчастных случаев, связанных с нарушениями зрения, составила 504 млрд индийских рупий, или 23,7 млрд долларов США [13].

Учитывая, что по данным ВОЗ почти половину от различных форм нарушения зрения можно предотвратить за счет раннего выявления и своевременно начатого лечения [1], инвестиции в профилактику и скрининг угрожающих зрению заболеваний глаз ожидаемо приведут к улучшению социально-экономических результатов. По данным А.В. Куроедова (2003), анализ медицинской эффективности и экономической целесообразности скрининга глаукомы, выполненный на достаточно большом контингенте (2 160 человек), показал, что стоимость хирургического или терапевтического стационарного лечения одного пациента сопоставима со стоимостью скрининга 22 человек. Прямые медицинские расходы 108 пациентов с диагностированной глаукомой, поступавших в течение 2 календарных лет в стационар для оперативного лечения, сопоставимы со стоимостью обследования 2 160 человек, прошедших скрининговое обследование (26 400 и 26 700 долларов США, соответственно) [7].

Термин «скрининг» происходит от английского слова «screening», что означает просеивание, сортировка. В медицине под скринингом понимается методологический подход, используемый для массового обследования населения (его отдельных контингентов) с целью выявления определенного заболевания (группы заболеваний) или факторов, способствующих развитию этого заболевания (факторов риска). С этими целями проводят скрининговое обследование, т.е. используют метод тестирования, с помощью которого производят отбор лиц, нуждающихся в соответствующем медицинском вмешательстве, а также определяют распространенность того или иного заболевания и наличие факторов, предрасполагающих к его возникновению [14]. Ключевым моментом, определяющим эффективность любого скрининга, в том числе и на глаукому, является выбор диагностического метода или теста. Выбранный для скрининга метод исследования должен быть экономически доступным, достаточно простым для понимания испытуемых и несложным в управлении для исполнителя, быстрым и в то же время хорошо воспроизводимым, а также достаточно точным и надежным благодаря высоким уровням чувствительности и специфичности. Причем высокая специфичность результатов диагностического метода при скрининге важна не в меньшей, а даже в большей степени, чем чувствительность, поскольку способствует уменьшению ложноположительных результатов и, соответственно, уменьшению трудовых и экономических затрат на комплексное обследование ложно выявленных пациентов с глаукомой [15, 16].

Именно с этих позиций в качестве скрининга на глаукому в прошлом веке был предложен метод офтальмотонометрии. Действительно, измерение внутриглазного давления (ВГД) — простой, быстро реализуемый неинвазивный метод, может выполняться средним медицинским персоналом, приборы для измерения ВГД относительно недороги, и все это в целом позволяет использовать данный метод при массовых профилактических осмотрах населения. Однако результаты офтальмотонометрии, имея неплохую специфичность, отличается низкой чувствительностью. Поэтому одного этого метода недостаточно для разделения здоровых и больных глаукомой, и прежде всего, из-за достаточно распространенной клинической формы глаукомы, которая не сопровождается повышением ВГД [17]. Подтверждением тому явились результаты беспрецедентного по масштабам скрининга на глаукому, организованного здравоохранением Советского Союза. Так, согласно приказу Министерства здравоохранения СССР №925 «О мерах по раннему выявлению и активному наблюдению больных глаукомой» от 22.09.1976 в обязательном порядке выполнялась офтальмотонометрия всем лицам старше 40 лет 1 раз в 3 года. Это был самый массовый в истории мировой медицины скрининг на глаукому. Но, как выяснилось позднее, такой подход проблему не решил. Одной из главных причин низкой выявляемости больных глаукомой и преимущественно в запущенных стадиях болезни оказалась неадекватная оценка глаукомного процесса только по уровню офтальмотонуса [15].

Наиболее характерными признаками глаукомы являются специфическая атрофия диска зрительного нерва (ДЗН) в виде прогрессирующей экскавации, получившей название глаукомной оптиконейропатии (ГОН). Ранним функциональным проявлением ГОН являются нарушения светочувствительности в виде отрицательных скотом, возникающих в характерной для глаукомы локализации центрального поля зрения (ЦПЗ). В настоящее время повышенный уровень ВГД рассматривают не как абсолютный признак глаукомы, а как главный фактор риска в развитии этого заболевания. Поэтому в соответствии с международными стандартами ранняя диагностика глаукомы должна основываться, прежде всего, на тщательной оценке структурных и функциональных изменений ДЗН, характерных для ГОН [18–20].

Широкомасштабный скрининг на глаукому в Швеции, охвативший более 40 000 человек (1992–1997), показал, что скрининг населения (в неотобранном контингенте) может снизить двустороннее ухудшение зрения и слепоту, вызванные глаукомой, примерно на 50% [21]. Скрининг включал оценку медицинского и семейного анамнеза, визометрию, рефрактометрию, офтальмотонометрию и фотографирование глазного дна. Дальнейшему комплексному обследованию на глаукому подвергались лица, у которых был положительный результат скрининга по крайней мере по одному из ниже приведенных критериев:

1) ВГД выше 25 мм рт.ст., как минимум, в одном глазу;

2) предполагаемые или явные признаки ГОН, изменения в состоянии слоя нервных волокон сетчатки и/или кровоизлияния на ДЗН, определяемые по снимкам глазного дна;

3) эксфолиативный синдром;

4) подтвержденный диагноз глаукомы, по крайней мере, у одного родственника первой линии родства.

В последние годы появилось немало статей на тему скрининга глаукомы. Большинство из них посвящены изучению и оценке уровней чувствительности и специфичности результатов различных методов исследования, претендующих на использование в скрининге, а также обсуждению наиболее рационального их сочетания с точки зрения медико-экономического обоснования. Особое внимание уделяется недопустимости получения значительного количества ложноположительных результатов, иными словами, высокому уровню специфичности методов исследования. Поскольку, как уже отмечалось выше, ложноположительные результаты значительно повышают объем нагрузки на медицинские центры, увеличивая их экономические и трудовые затраты в процессе более глубокого обследования ложно выявленных пациентов с глаукомой или подозрением на глаукому. Таким образом, по данным современной литературы, наиболее перспективными могут считаться исследования с использованием передовых технологий, имеющих высокие уровни как чувствительности, так и, что особенно важно для массового скрининга населения, специфичности. Для повышения достоверности результатов исследований, проведенных в процессе скрининга, по мнению большинства авторов целесообразно сочетание структурных и функциональных тестов по оценке состояния ДЗН, причем с хорошей воспроизводимостью результатов. Такой подход позволяет получить довольно высокие уровни чувствительности (61,3%...91,1%) и специфичности (78,8%...94,2%) скрининга на глаукому [22–24], но вряд ли может считаться реализуемым в условиях массового скрининга населения или его отдельных неотобранных контингентов в связи с высокой стоимостью и продолжительностью исследований. Кроме того, для проведения ряда структурных и функциональных тестов требуется высококвалифицированный персонал.

В качестве наглядного примера можно привести модель скрининга, выполненную в городской глазной клинике Лондона в период с сентября 2012 года по сентябрь 2013 года [22]. Целью скрининга было определить эффективность сочетания структурных и функциональных тестов с применением современных технологий при выявлении угрожающих зрению заболеваний глаз среди пожилых людей, приглашенных из учреждений первичной медико-санитарной помощи. В целом тестирование прошли 505 испытуемых в возрасте 60 лет и старше с использованием

нестандартной периметрии с технологией удвоения пространственной частоты (Frequency-Doubling Technology [FDT] perimetry, или FDT-периметрия) с помощью FDT-периметра Carl Zeiss Meditec (надпороговый тест C-20-5), оптической когерентной томографии с помощью портативного оптического когерентного томографа (ОКТ) – OCT iVue (Optovue, США) для оценки состояния макулы и ДЗН. Уровень ВГД оценивали с помощью Ocular Response Analyzer (ORA). Все эти исследования проводили врачи-офтальмологи. Пациенты классифицировались на наличие или отсутствие угрожающих зрению заболеваний глаз, таких как клинически значимая катаракта, первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ), поздняя стадия возрастной макулярной дегенерации и выраженная диабетическая ретинопатия. Многомерный статистический анализ всех полученных показателей показал, что 171 человек (33,8%) страдали одним или несколькими угрожающими зрению заболеваниями глаз. Чувствительность этой предложенной модели скрининга составила 61,3%, специфичность — 78,8%, общая диагностическая точность — 72,9%.

Теми же специалистами начиная с сентября 2012 года в течение 12 месяцев был проведен скрининг только на глаукому в неотобранном контингенте населения [23]. В исследовании приняли участие те же 505 испытуемых в возрасте 60 лет и старше, которым помимо выше перечисленных исследований (ОКТ, ORA) в качестве функционального скрининга выполняли два метода нестандартной периметрии — FDT-периметрию и периметрию, обнаруживающую движение (Moorfield Motion Detection Test, MMDT). В результате данного исследования у 26 человек (5,1%) была выявлена ПОУГ, а 32 испытуемым (6,4%) был установлен диагноз подозрения на глаукому. При выявлении лиц с подозрением на глаукому уровень чувствительности (доверительный интервал 95%) результатов FDT-периметрии составил 41%, а результатов MMDT — 35% при общем уровне специфичности обоих тестов 90%. При выявлении лиц с ПОУГ чувствительность результатов FDT-периметрии повысилась с 41 до 62%, а MMDT — с 35 до 58% при том же общем уровне специфичности 90%. При этом из 11 пациентов с ПОУГ, классифицированной как раннее заболевание (MD > -6 дБ), только 2 случая (18%) были выявлены с помощью MMDT, а 9 случаев (82%) — с помощью FDT-периметрии. В этом исследовании обращает внимание высокий уровень специфичности при умеренном уровне чувствительности результатов обоих методов нестандартной периметрии, что имеет большое значение при отборе теста для скрининга глаукомы, как отмечалось выше.

При объединении данных функционального и структурного тестов были получены следующие результаты. Сочетание измерения толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) перипапиллярно в нижних квадрантах с результатами FDT-

периметрии позволила достичь уровня чувствительности 79,3% для выявления подозрения на глаукому и 100,0% для обнаружения ПОУГ, но с заметным снижением уровня специфичности — до 63,3% и 65,2%, соответственно (доверительный интервал в обоих случаях составил 95%). Однако при условии подтверждения ПОУГ по данным обоих тестов специфичность повысилась до 96,8% [23].

В качестве еще одного примера предлагается рассмотреть модель скрининга, реализованную в Австралии в 2007 году [24]. Целью этого проекта было провести скрининг на глаукому с помощью общепринятых, но наиболее подходящих, иными словами, удобных для телемедицины структурных и функциональных тестов, которые, по мнению авторов, открывают новые возможности не только для скрининга, но и для мониторинга глаукомы в отдаленных и сельских регионах мира. Живущие в этих регионах люди имеют ограниченный доступ к офтальмологам, а следовательно, и к тестам на глаукому. Однако благодаря достижениям в области производства портативных, мобильных и достаточно простых в обслуживании, автоматизированных офтальмологических приборов появились новые возможности для скрининга и мониторинга глаукомы на основе телемедицины. Среднеквалифицированные сельские медицинские работники могут быть легко обучены для использования этих устройств в отрасли телемедицины, имеющей название телеофтальмология, приложения которой обеспечивают доступ к офтальмологам для пациентов в отдаленных регионах, скрининг офтальмологических заболеваний, диагностику и мониторинг с помощью цифрового медицинского оборудования и телекоммуникационных технологий. Результаты скрининга отправляются в электронном виде специалистам в городские центры для второго мнения и консультации. В данное исследование были включены информированные, давшие согласие пациенты (всего 399 глаз), посещавшие клинику общего осмотра глаз (Lions Eye Institute, университет Западной Австралии). Испытуемые старше 45 лет составили группу риска по глаукоме. Всем пациентам обследовали оба глаза, выполняя цифровую фотосъемку глазного дна с высоким разрешением с помощью цифровой портативной фундус-камеры (NM-200D, Nidek). ВГД измеряли с помощью удобного для телемедицины бесконтактного тонометра (Pulsair-Easy Eye) и апланационного тонометра Гольдмана (Haag Streit AT 900), выполняя по три измерения в каждом глазу у всех пациентов в положении сидя, и вычисляли среднее арифметическое значение. В качестве такого же удобного для телемедицины функционального теста выполняли FDT-периметрию с помощью периметра Humphrey Matrix 800 Perimeter (HM FDT) (Carl Zeiss Meditech) с использованием протокола скрининга в виде надпорогового теста C-20-5. Кроме того, выполняли стандартную автоматическую периметрию (САП)

с помощью анализатора поля зрения Humphrey II (Carl Zeiss Meditech), пороговый тест 24-2. Авторы определили, что сочетание возраста и отягощенности по глаукоме семейного анамнеза имеет чувствительность 35,6% и специфичность 94,2%. Добавление удобного для телемедицины периметрического теста в варианте FDT-периметрии или выполнение САП повысило уровень чувствительности результатов скрининга до 91,1% при уровне специфичности 93,6%. Авторы отмечают хорошее соответствие между размерами экскавации, оцененной при офтальмоскопии (по соотношению диаметров экскавации и ДЗН по вертикали) и при анализе цифрового изображения ДЗН по данным портативной фундус-камеры. Добавление же теста по измерению ВГД, по мнению авторов, не изменяет чувствительность (35,6%) и специфичность (94,2%) его результатов [24].

В 2003 году на первой согласительной встрече Международной глаукомной ассоциации (AIGS) и на симпозиуме в рамках Всемирного конгресса по глаукоме в 2007 году рассматривались вопросы перспектив диагностических возможностей новых нетрадиционных или нестандартных методов периметрии — Short Wave Automated Perimetry (SWAP) и FDT. Было вынесено заключение, в котором отмечалось, что FDT-периметрия может претендовать на значимое место в массовом скрининге на глаукому и, возможно, будет полезна для мониторинга поля зрения при глаукоме [18, 25]. В представленных выше моделях скрининга на глаукому в качестве функционального теста успешно использовалась FDT-периметрия, а авторами зарубежных статей, приведенных в данном обзоре, отмечается достаточно высокая чувствительность и специфичность результатов этого нестандартного метода периметрии при выявлении лиц с глаукомой и подозрением на глаукому в процессе скрининга.

Под руководством профессора В.В. Волкова на кафедре офтальмологии Военно-медицинской академии была разработана модификация FDT-периметрии, которая, как показал большой объем выполненных научных исследований, по уровню специфичности значительно превосходит, а по уровню чувствительности не уступает САП [26–32]. В.В. Волков (2008) считал, что разработанная модификация FDT-периметрии реально претендует на роль эффективного, простого, быстро выполняемого и недорогого метода для проведения функционального скрининга глаукомы [15].

В этой связи представляет интерес мета-анализ работ по сравнительной оценке эффективности потенциальных скрининговых тестов на глаукому, выполненный в 2005 году специалистами Абердинского университета (Шотландия) [33]. В проект были включены только те исследования по оценке скрининговых тестов для выявления глаукомы у лиц старше 40 лет, в которых авторы сообщали об истинных, ложных и отрицательных результатах.

По итогам поисков, проведенных в крупнейших библиографических базах статей по медико-биологическим наукам — Medline, Embase, Biosis (до ноября 2005 года), Science Citation Index (до декабря 2005 года) и Кокрейновская библиотека (2005 год) было отобрано 40 скрининговых исследований на глаукому, в которых приняли участие более 48 000 человек. Используемые в этих исследованиях тесты разделили на три категории:

1. Структура: офтальмоскопия, фотография ДЗН, фотография СНВС, гейдельбергская ретинотомография (HRT II), ОКТ (2 поколение), анализатор СНВС (GDx VCC) и анализатор толщины сетчатки (RTA).

2. Функция: САП в варианте «белый стимул на белом фоне», нестандартная периметрия: периметрия, обнаруживающая движение в виде окулокинетической периметрии (ОКР), SWAP, FDT-периметрия.

3. ВГД: апланационная тонометрия Гольдмана; бесконтактная тонометрия (Shin-Nippon NCT, Япония); апланационный тонометр ТопоPen (Reichert, Vienna, Austria).

В результате кропотливого анализа по оценке чувствительности и специфичности результатов, точности диагностики методов исследования всех трех категорий авторы пришли к заключению, что при выявлении ПОУГ наибольшую чувствительность и специфичность показали структурные и функциональные тесты. В частности, FDT-периметрия в варианте скринингового теста С-20-1, HRT II и ОКР по диагностической эффективности оказались лучшими по сравнению с другими рассмотренными тестами-кандидатами для скрининга глаукомы. Авторы рекомендовали указанные тесты к дальнейшему более детальному изучению. Статистическая обработка результатов исследований показала, что при проведении скрининга на глаукому в неотобранном контингенте с помощью FDT-периметрии чувствительность составила 78%, а специфичность 75%. При использовании с этой же целью HRT II и фотографии ДЗН чувствительность результатов этих двух методов составила 86% и 73%, соответственно, а специфичность — 89% и 89%, соответственно.

К аналогичному выводу пришли японские специалисты, поставившие перед собой задачу исследовать эффективность массового скрининга населения на глаукому в общей популяции с помощью только функционального теста, выбрав в качестве такого теста FDT-периметрию [34]. Исследование было многоцентровым и охватило всего 14 814 человек, которые были выбраны случайным образом и являлись работниками пяти компаний в Японии. В результате данного скрининга среди всех испытуемых было выявлено 660 (4,5%) человек, у которых имелись нарушения в поле зрения по результатам FDT-периметрии, в том числе 512, у которых изменения в поле зрения были выявлены впервые. Комплексному офтальмологическому

обследованию подверглись 370 человек, в результате которого у 266 (71,9%) испытуемых была выявлена ГОН, но только 167 человек из них (62,8%) имели характерные для глаукомы изменения в поле зрения по данным САП. У оставшихся 55 испытуемых (14,9%) были диагностированы другие глазные заболевания, а 39 человек (10,5%) признаны здоровыми по состоянию органа зрения. Воспроизводимость результатов оценивали следующим образом: при обнаружении изменений в поле зрения с помощью первого теста FDT-периметрии исследование повторяли. Результат признавали достоверным, если нарушения в ЦПЗ, выявленные в повторном тесте, были аналогичны нарушениям в первом тесте. Всем испытуемым выполняли САП с помощью периметров HFA и реже Octopus.

Согласно протоколу скрининга глаукомы с использованием FDT-периметрии, пациенты с начальной глаукомой (среднее отклонение индекса MD > -6 дБ) были выявлены в 83,3% всех случаев, а пациенты с более продвинутыми стадиями глаукомы (среднее отклонением индекса MD ≤ -6 дБ) — в 100% случаев. По данным этого достаточно масштабного исследования эффективность скрининга на глаукому с использованием только FDT-периметрии по уровню чувствительности и специфичности составила 90% и 90%, соответственно.

Таким образом, авторы пришли к выводу, что скрининг глаукомы с использованием только FDT-периметрии (с контрольной повторной проверкой результатов в случае отклонения от нормы), показал достаточно высокую эффективность и может быть рекомендован для применения при массовом скрининге населения и скрининге в неотобранном контингенте для обнаружения глаукомы [34].

В настоящее время в РФ ранняя диагностика глаукомы проводится с помощью так называемых профилактических или диспансерных осмотров в соответствии с приказом Министерства здравоохранения РФ №124н от 13.03.2019 «Об утверждении порядка проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определенных групп взрослого населения» [35]. Казанфарова М.А. и др. (2019) в своей работе показали, что введение в стране системы диспансеризации способствовало некоторому улучшению ситуации по выявлению глаукомы на более ранних стадиях развития. Но все же более половины опрошенных врачей-офтальмологов считают действующую модель раннего выявления глаукомы в рамках диспансеризации взрослого населения формальной и малоэффективной. Основными причинами, по мнению большинства респондентов, являются формализованный подход к организации диспансеризации, недостаток времени для полноценного обследования пациента с подозрением на глаукому, а также недостаток дорогостоящего, но необходимого оборудования для выявления характерных для ГОН структурно-функциональных изменений

со стороны ДЗН, в связи с чем по-прежнему офтальмотонометрия является ведущим методом диагностики, прежде всего, в силу своей экономической доступности [36].

В некоторых отечественных работах предлагается проводить скрининг ПОУГ на приеме у врача общей практики, прежде всего, с помощью офтальмотонометрии. Любому пациенту старше 35 лет, обратившемуся к врачу общей практики, рекомендуется провести общее офтальмологическое обследование. Всем пациентам старше 35 лет необходимо один раз в два года измерять ВГД, а лицам старше 50 лет — ежегодно. Группу риска развития глаукомы составляют прямые родственники больных глаукомой, больные сахарным диабетом, гипертонической болезнью, пациенты с миопией высокой степени, поэтому им следует измерять ВГД не менее 2 раз в год начиная с 35 лет. Офтальмологическое обследование также включает визометрию, осмотр органа зрения методом бокового фокального освещения (при возможности — биомикроскопия), офтальмоскопию и периметрию. Для упрощения работы на приемах врачей общей практики предлагается использовать простой и доступный транспальпебральный тонометр ИГД-03 [37].

В отечественной литературе также обсуждается возможность выполнения скрининга на глаукому в условиях кабинета оптометрии, так как согласно приказу Министерства здравоохранения РФ №558н от 09.06.2020 г. [38], в стандарт оснащения кабинета простой коррекции зрения входит тонометр, а в стандарт оснащения кабинета сложной и специальной коррекции зрения — корнеотопограф, дающий возможность оценки центральной толщины роговицы [39]. Опыт скрининга глаукомы в условиях кабинета оптометрии основывается на примере развитых стран, в которых оснащение такого кабинета включает компьютерный периметр и ОКТ. Первый опыт использования скрининга на глаукому в условиях приема в кабинете оптометрии в нашей стране показал низкую информативность данных офтальмотонометрии. По данным И.А. Лоскутова и др. (2016), усиление стандартного оснащения кабинета оптометрии бесконтактным тонометром, щелевой лампой с возможностью выполнения офтальмоскопии с помощью асферической линзы +78,0 дптр, прямым электрическим офтальмоскопом, компьютерным периметром и HRT II позволило установить, что подозрение на глаукому возникло в отношении почти каждого пятого человека, обратившегося к оптометристу, и почти в каждом пятом случае диагноз глаукомы подтвердился. Предложенная модель скрининга глаукомы демонстрирует целесообразность использования приема врача-офтальмолога в кабинете оптометрии в качестве первичного звена для выявления пациентов с ПОУГ. При этом тонометрия является необходимой, но не достаточной для

эффективного скрининга глаукомы [40]. По мнению ряда авторов, усиление диагностических возможностей кабинета оптометрии приборами для офтальмоскопии, лазерной сканирующей офтальмоскопии и компьютерной периметрии значительно повышают эффективность скрининга глаукомы. Сложность использования такого подхода заключается в том, что диагностические возможности в оптометрической практике ограничены поставленными задачами, имеющимся оборудованием, квалификацией оптометриста и его нацеленностью на результат [41].

В последние годы с появлением технологии искусственного интеллекта особенно активно обсуждается возможность применения нейросетей для ранней диагностики глаукомы. В настоящее время предпочтение отдается сверточным нейронным сетям, способным быстро обучаться, в частности, по данным сканов ОКТ и фотографий глазного дна пациентов определять наличие и выраженность патологического процесса [42, 43]. Но наряду с преимуществами использования искусственного интеллекта в диагностике ряда глазных заболеваний по состоянию глазного дна, включая возможность анализа социально-экономических и других медицинских показателей, имеется ряд проблем. Сложности связаны с использованием эталонных, иными словами, «стандартных» глаз на этапе обучения нейросети, обусловлены качеством цветных изображений глазного дна, изменениями на глазном дне вследствие сопутствующей глазной или соматической патологии. В качестве скринингового исследования могла бы рассматриваться нейросеть, обученная выявлять глаукому по результатам одного, структурного или функционального метода оценки состояния ДЗН, но обладающего высокой чувствительностью и специфичностью результатов. Однако обучение нейросетей является весьма непростым и трудоемким процессом, требующим использования высококвалифицированных кадров и большого массива информации [43].

А.Б. Мовсисян и А.В. Куроедов (2023) справедливо отмечают, что «расшифровка» полученных сканов заднего отрезка глаза требует грамотного анализа с учетом популяционной индивидуальности и полагают, что на сегодняшний день применение именно такого набора методов, включающего САП, FDT-периметрию, ОКТ и, частично, HRT, дает возможность выявить глаукому и определить маркеры ее прогрессирования [43]. Действительно, многие авторы, занимавшиеся ретинотомографическими исследованиями, сообщали о том, что морфометрические параметры ДЗН в норме более переменчивы [44–46]. В связи с этим, а также по экономическим соображениям для ранней диагностики глаукомы функциональный скрининг и мониторинг на основе пороговой компьютерной периметрии кажется более адекватным задачам диспансеризации.

За последние 5 лет в зарубежной литературе появилось немало публикаций, посвященных портативным компьютерным (автоматическим) периметрам или шлем-периметрам, а также приложениям для телефонов, планшетов, ноутбуков, компьютеров и другим устройствам, предназначенным в основном для выполнения традиционной периметрии («белый стимул на белом фоне»), хотя некоторые модели оснащены программой FDT-периметрии. Преимуществами таких устройств, особенно шлем-периметров, по сравнению со стационарными компьютерными периметрами являются их портативность, мобильность, автономность, экономическая доступность, а также открывающиеся новые возможности. В частности, возможно использование искусственного интеллекта в системе помощи врачу принятия решения по результатам исследования поля зрения, а облачное хранение данных предполагает возможность проведения телемедицины. Реализация этих преимуществ может способствовать повышению эффективности функционального скрининга глаукомы и, что очень важно, становится возможным обследование пациентов с ограниченными возможностями, в том числе лежачих, вне медицинских учреждений, особенно в условиях пандемии и карантина. Анализ таких современных портативных устройств, предназначенных для периметрии, будет посвящен наш следующий литературный обзор.

В 2018 году отечественная компания ООО «Тотал Вижен», резидент фонда Сколково, разработала прототип портативного автоматического

периметра на базе собственной системы виртуальной реальности, получивший название «Stimulus» [47, 48]. В 2020 г. разработчиками шлем-периметра «Stimulus» совместно с Российским глаукомным обществом был организован и проведен онлайн-опрос среди врачей-офтальмологов, посвященный вопросам периметрии, по результатам которого была опубликована статья [49]. В частности, более 90% респондентов считали целесообразным внедрение в офтальмологическую практику новых методов нестандартной периметрии. Но авторская модификация FDT-периметрии, о которой сообщалось выше, была разработана на кафедре офтальмологии Военно-медицинской академии в период с 2003 по 2007 год для компьютеров с электронно-лучевыми мониторами, которые больше не производятся. Поэтому в цель и задачи инициативной НИР (шифр «Поле»), успешно завершённой в декабре 2022 года на кафедре, входило усовершенствование для жидкокристаллических мониторов авторской модификации FDT-периметрии, адаптация ее к новому отечественному портативному автоматическому периметру «Stimulus», изучение и оценка диагностической эффективности усовершенствованной программной версии периметрии с технологией удвоения пространственной частоты при сравнительном исследовании с ее предыдущей программной версией и САП на одном и том же контингенте здоровых лиц и больных глаукомой в различных ее стадиях. По результатам данной НИР подготовлена для публикации оригинальная статья.

Литература

1. Всемирный доклад о проблемах зрения. Женева, Всемирная организация здравоохранения, 2020. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IG. 180 с.
2. Куроедов А.В. Клинико-экономические подходы в лечении больных глаукомой. *Офтальмологические ведомости* 2010; 3(1):51-62.
3. Varma R., Lee P.P., Goldberg I., Kotak S. An assessment of the health and economic burdens of glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2011; 152(4):515-522. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2011.06.004>.
4. Нечаев В.С., Нисан Б.А., Ефремов Д.В. Социальные и экономические потери при болезнях глаз и нарушениях зрения в Великобритании. *Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко* 2012; 6:89-91.
5. Marques A.P., Ramke J., Cairns J., Butt T., Zhang J.H., Muirhead D., Jones I., Tong B.A.M., Swenor B.K., Faal H., Bourne R.R.A., Frick K.D., Burton M.J. Global economic productivity losses from vision impairment and blindness. *EClinical Medicine* 2021; 35:100852. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.100852>.
6. Wittenborn J.S., Zhang X., Feagan C.W. et al. The economic burden of vision loss and eye disorders among the United States population younger than 40 years. *Ophthalmology* 2013; 120(9):1728-1735. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.01.068>.
7. Куроедов А.В. Медико-экономические подходы по оптимизации лечебно-диагностических мероприятий при первичной открытоугольной глаукоме: автореф. дисс. канд. мед. наук. М: 2003; 21.
8. Клинические рекомендации. Глаукома первичная открытоугольная. Утверждены Минздравом РФ, 2020; 62.
9. Traverso C.E., Walt J.G., Kelly S.P., Hommer A.H., Bron A.M., Denis P., Nordmann J.P., Renard J.P., Bayer A., Grehn F., Pfeiffer N., Cedrone C., Gandolfi S., Orzalesi N., Nucci C., Rossetti L., Azuara-Blanco A., Bagnis A., Hitchings R., Salmon J.F., Bricola G., Buchholz P.M., Kotak S.V., Katz L.M., Siegartel L.R., Doyle J.J. Direct costs of glaucoma and severity of the disease: a multinational long-term study of resource utilisation in Europe. *British Journal of Ophthalmology* 2005; 89:1245-1249.

References

1. World report on vision. Geneva, World Health Organization, 2020. License: CC BY-NC-SA 3.0 IG. 180 p.
2. Kuroyedov A.V. Medico-economic approaches in the treatment of glaucoma patients. *Oftalmologičeskie vedomosti* 2010; 3(1):51-62.
3. Varma R., Lee P.P., Goldberg I., Kotak S. An assessment of the health and economic burdens of glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2011; 152(4):515-522. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2011.06.004>.
4. Nechaev V.S., Nisan B.A., Efremov D.V. Social and economic losses due to eye diseases and visual impairments in the UK. *Bulletin of the N.A. Semashko National Research Institute of Public Health* 2012; 6: 89-91.
5. Marques A.P., Ramke J., Cairns J., Butt T., Zhang J.H., Muirhead D., Jones I., Tong B.A.M., Swenor B.K., Faal H., Bourne R.R.A., Frick K.D., Burton M.J. Global economic productivity losses from vision impairment and blindness. *EClinical Medicine* 2021; 35:100852. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.100852>.
6. Wittenborn J.S., Zhang X., Feagan C.W. et al. The economic burden of vision loss and eye disorders among the United States population younger than 40 years. *Ophthalmology* 2013; 120(9):1728-1735. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.01.068>.
7. Kuroyedov A.V. Medical and economic approaches to optimize therapeutic and diagnostic measures for primary open-angle glaucoma: Cand. Med. Sci. diss. thesis. Moscow, 2003. 21 p.
8. Clinical recommendations. Primary open-angle glaucoma. Approved by the Ministry of Health of the Russian Federation, 2020; 62 p.
9. Traverso C.E., Walt J.G., Kelly S.P., Hommer A.H., Bron A.M., Denis P., Nordmann J.P., Renard J.P., Bayer A., Grehn F., Pfeiffer N., Cedrone C., Gandolfi S., Orzalesi N., Nucci C., Rossetti L., Azuara-Blanco A., Bagnis A., Hitchings R., Salmon J.F., Bricola G., Buchholz P.M., Kotak S.V., Katz L.M., Siegartel L.R., Doyle J.J. Direct costs of glaucoma and severity of the disease: a multinational long-term study of resource utilisation in Europe. *British Journal of Ophthalmology* 2005; 89:1245-1249.

10. Рыков С.А., Витковская О.П. Скрининг первичной глаукомы – за или против? Приглашение к дискуссии. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2010; 12 (4):131-134.
11. Covin Y. N., Laroche D., Olivier M. The societal costs of blindness from uncontrolled glaucoma. *Glaucoma Today* 2014; 28-29.
12. Pezzullo L., Streatfeild J., Simkiss P., Shickle D. The economic impact of sight loss and blindness in the UK adult population. *BMC Health Serv Res* 2018; 63(1):1-13. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-2836-0>.
13. Wong B., Singh K., Khanna R.K., Ravilla T., Shalinder S., Sil A., Dole K., Jain E., Chase H. The economic and social costs of visual impairment and blindness in India. *Indian J Ophthalmol* 2022; 70(10):3470-3475. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_502_22.
14. Большая Медицинская Энциклопедия (БМЭ), под редакцией Петровского Б.В., 3-е издание, 1985; 23:560.
15. Волков В.В. Глаукома открытоугольная. М: Медицинское информационное агентство 2008; 347.
16. Гуревич К.Г., Косик Н.В., Никонов Е.Л. Основные проблемы при проведении дополнительной диспансеризации взрослого населения. *Доказательная медицина и клиническая эпидемиология* 2009; 1:25-33.
17. Волков В.В. Глаукома при псевдонормальном давлении. М: Медицина 2001; 349.
18. Weinreb R., Greve E., eds. Glaucoma diagnosis: structure and function: the 1th consensus report of the world glaucoma association. Amsterdam, the Netherlands: Kugler Publications; 2004; 162 p.
19. Волков В.В. О стандартах для оценки наличия, течения и лечения глаукомы по рекомендациям экспертов Международной ассоциации глаукомных обществ (часть 1). *Национальный журнал глаукома* 2012; 2:60-64.
20. Волков В.В. О стандартах для оценки наличия, течения и лечения глаукомы по рекомендациям экспертов Международной ассоциации глаукомных обществ (часть 2). *Национальный журнал глаукома* 2012; 3:48-52.
21. Aspberg J., Heijl A., Bengtsson B. Screening for open-angle glaucoma and its effect on blindness. *American Journal of Ophthalmology* 2021; 228:106-116. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2021.03.030>.
22. Fidalgo B.R., Dabasia P., Jindal A., Edgar D.F., Ctori I., Peto T., Lawrenson J.G. Role of advanced technology in the detection of sight-threatening eye disease in a UK community setting. *BMJ Open Ophthalmology* 2019; 4(1):1-8. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2019-000347>.
23. Dabasia P.L., Fidalgo B.R., Edgar D.F., Garway-Heath D.F., Lawrenson J.G. Diagnostic Accuracy of Technologies for Glaucoma Case-Finding in a Community Setting. *Ophthalmology* 2015; 122(12):2407-2415. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.08.019>.
24. Kumar S., Giubilato A., Morgan W., Jitskaia L., Barry C., Bulsara M., Constable I.J., Yogesan K. Glaucoma screening: analysis of conventional and telemedicine-friendly devices. *Clin Exp Ophthalmol* 2007; 35(3):237-243. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2007.01457.x>.
25. Lambrou G., eds. International glaucoma review SWAP or Double? Hague: Kugler Publications, 2008; 10(2):8.
26. Симакова И.Л., Волков В.В., Бойко Э.В., Клавдиев В.Е. Создание метода периметрии с удвоенной пространственной частотой за рубежом и в России. *Национальный журнал глаукома* 2009; 2:15-21.
27. Бойко Э.В., Симакова И.Л., Кузьмичева О.В. Мечетин А.А., Целомудрый А.И., Филина Е.В. Высокотехнологичный скрининг на глаукому. *Военно-медицинский журнал* 2010; 331(2):23-26.
28. Симакова И.Л. Периметрия с удвоенной пространственной частотой как основа скрининга на глаукому и мониторинга глаукоматозного процесса: автореф. дисс. д-ра мед. наук. СПб: ВМЕДА 2010; 44.
29. Симакова И.Л., Сухинин М.В., Сердюкова С.А. Эффективность различных методов компьютерной периметрии в диагностике первичной открытоугольной глаукомы (Часть 1). *Национальный журнал глаукома* 2016; 1:25-36.
30. Сердюкова С.А. Сравнительная характеристика методов компьютерной периметрии для диагностики и мониторинга глаукомы: автореф. дисс. канд. мед. наук. СПб: ВМЕДА 2018; 22.
31. Симакова И.Л., Тихоновская И.А. Оценка эффективности периметрии с удвоенной пространственной частоты в диагностике оптиконейропатий. *Национальный журнал глаукома* 2022; 21(1):23-35. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-1-23-35>
10. Rykov S.A., Vitkovskaya O.P. Screening of POAG – pros and cons. Invitation for discussion. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2010; 12 (4): 131-134.
11. Covin Y. N., Laroche D., Olivier M. The societal costs of blindness from uncontrolled glaucoma. *Glaucoma Today* 2014; 28-29.
12. Pezzullo L., Streatfeild J., Simkiss P., Shickle D. The economic impact of sight loss and blindness in the UK adult population. *BMC Health Serv Res* 2018; 63(1):1-13. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-2836-0>.
13. Wong B., Singh K., Khanna R.K., Ravilla T., Shalinder S., Sil A., Dole K., Jain E., Chase H. The economic and social costs of visual impairment and blindness in India. *Indian J Ophthalmol* 2022; 70(10):3470-3475. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_502_22.
14. Petrovskii B.V., eds. The Great Medical Encyclopedia (BME), 3rd edition. 1985; 23:560 p.
15. Volkov V.V. Glaukoma otkrytougol'naya [Open-angle glaucoma]. Moscow, Medicinskoe informacionnoe agentstvo, 2008. 347 p.
16. Gurevich K.G., Kosik N.V., Nikonov E.L. Main problems in organization of additional preventive medical examinations in adults. *Dokazatel'naya medicina i klinicheskaya epidemiologiya* 2009; 1:25-33.
17. Volkov V.V. Glaukoma pri psevdonormal'nom davlenii [Pseudonormal tension glaucoma] Moscow, Medicine Publ., 2001. 349 p.
18. Weinreb R., Greve E., eds. Glaucoma diagnosis: structure and function: the 1th consensus report of the world glaucoma association. Amsterdam, the Netherlands: Kugler Publications; 2004; 162 p.
19. Volkov V.V. On the standards for an assessment of existence, course and treatment of glaucoma according to recommendations of experts of the international association of glaucoma societies (part 1). *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2012; 2:60-64.
20. Volkov V.V. On the standards for an assessment of existence, course and glaucoma treatment according to recommendations of experts of the international association of glaucoma societies (part 2). *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2012; 3:48-52.
21. Aspberg J., Heijl A., Bengtsson B. Screening for open-angle glaucoma and its effect on blindness. *American Journal of Ophthalmology* 2021; 228:106-116. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2021.03.030>.
22. Fidalgo B.R., Dabasia P., Jindal A., Edgar D.F., Ctori I., Peto T., Lawrenson J.G. Role of advanced technology in the detection of sight-threatening eye disease in a UK community setting. *BMJ Open Ophthalmology* 2019; 4(1):1-8. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2019-000347>.
23. Dabasia P.L., Fidalgo B.R., Edgar D.F., Garway-Heath D.F., Lawrenson J.G. Diagnostic Accuracy of Technologies for Glaucoma Case-Finding in a Community Setting. *Ophthalmology* 2015; 122(12):2407-2415. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.08.019>.
24. Kumar S., Giubilato A., Morgan W., Jitskaia L., Barry C., Bulsara M., Constable I.J., Yogesan K. Glaucoma screening: analysis of conventional and telemedicine-friendly devices. *Clin Exp Ophthalmol* 2007; 35(3):237-243. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2007.01457.x>.
25. Lambrou G., eds. International glaucoma review SWAP or Double? Hague: Kugler Publications, 2008; 10(2):8.
26. Simakova I.L., Volkov V.V., Boiko E.V., Klavdiev V.E. Creation of the method of frequency-doubling technology perimetry: an international and Russian experience. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2009; 2:15-21.
27. Boiko E.V., Simakova I.L., Kuz'micheva O.V., Mechetin A.A., Tselomudryi A.I., Filina E.V. High-technological screening for glaucoma. *Voenno-meditsinskii zhurnal* 2010; 331(2):23-26. (In Russ.)
28. Simakova I.L. Perimetry with double spatial frequency as a basis for screening for glaucoma and monitoring of the glaucomatous process. *Doct. Med. Sci. diss. thesis. Saint Petersburg, Military Medical Academy, 2010. 44 p*
29. Simakova I.L., Sukhinin M.V., Serdukova S.A. The effectiveness of various methods of computerized perimetry in primary open-angle glaucoma. Part 1. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2016; 15(1):25-36.
30. Serdiukova S.A. Comparative characteristics of computer perimetry methods for diagnosis and monitoring of glaucoma: *Doct. Med. Sci. diss. thesis. Saint Petersburg, Military Medical Academy, 2018. 22 p.*
31. Simakova I.L., Tikhonovskaya I.A. Evaluation of the effectiveness of frequency doubling technology perimetry in the diagnosis of optic neuropathies. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2022; 21(1):23-35. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2022-21-1-23-35>

32. Тихоновская И.А. Варианты периметрии с удвоением пространственной частоты в диагностике некоторых оптиконеуропатий: автореф. дисс. канд. мед. наук. СПб: ВМЕДА 2022; 21.
33. Mowatt G., Burr J.M., Cook J.A. Siddiqui M.A., Ramsay C., Fraser C., Azuara-Blanco A., Deeks J.J. OAG Screening Project. Screening tests for detecting open-angle glaucoma: systematic review and meta-analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49(12):5373-5385. <https://doi.org/10.1167/iovs.07-1501>.
34. Tatemichi M., Nakano T., Tanaka K., Hayashi T., Nawa T., Miyamoto T., Hiro H., Iwasaki A., Sugita M. Glaucoma Screening Project (GSP) Study Group. Performance of glaucoma mass screening with only a visual field test using frequency-doubling technology perimetry. *Am J Ophthalmol* 2002; 134(4):529-537. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(02\)01684-7](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(02)01684-7).
35. Приказ № 124Н «Об утверждении порядка проведения профилактического осмотра и диспансеризации определенных групп взрослого населения». (Электронный ресурс.) <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201904250016>.
36. Казанфарова М.А., Алексеев И.Б., Линденбратен А.Л., Кочергин С.А. Современные подходы к повышению эффективности скрининга глаукомы в рамках системы диспансеризации. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2019; 19(3):122-127. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2019-19-3-122-127>.
37. Дегтярёва Л.Н. Выявление глаукомы в общей врачебной практике — измерение внутриглазного давления. *Российский семейный врач* 2014; 2:38-41.
38. Приказ Министерства здравоохранения РФ № 558н от 9.06.2020 г.
39. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 9 июня 2020 г. № 558н «О внесении изменений в Порядок оказания медицинской помощи взрослому населению при заболеваниях глаза, его придаточного аппарата и орбиты, утвержденный приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 12 ноября 2012 г. № 902н».
40. Лоскутов И.А., Ибатулин Р.А. Раннее выявление глаукомы в оптометрической практике. *Глаукома* 2016; 2:60-62.
41. Корнеева А.В., Исаков И.Н., Куроедов А.В., Онуфрийчук О.Н. Диагностика глаукомы в оптометрической практике. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2022; 22(4):258-264. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2022-22-4-258-264>.
42. Куроедов А.В., Остапенко Г.А., Митрошина К.В., Мовсисян А.Б. Современная диагностика глаукомы: нейросети и искусственный интеллект. *РМЖ Клиническая офтальмология* 2019; 19(4):230-237. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2019-19-4-230-237>.
43. Мовсисян А.Б., Куроедов А.В. Диагностика глаукомы на современном этапе. *Клиническая офтальмология* 2023; 23(1):115-128. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2023-23-1-47-53>.
44. Куроедов А.В., Городничий В.В. Компьютерная ретиномография (НРТ): диагностика, динамика, достоверность. М: Издательский центр МНТК «Микрохирургия глаза» 2007; 236.
45. Мачехин В.А. Ретиномографические исследования диска зрительного нерва в норме и при глаукоме. М: Издательство «Офтальмология» 2011; 334.
46. Шпак А.А. Спектральная оптическая когерентная томография высокого разрешения. Атлас. М: 2014; 170.
47. Еричев В.П., Ермолаев А.П., Антонов А.А., Сипливый В.И. Исследование поля зрения при помощи портативного периметра, выполненного на базе шлема виртуальной реальности. *Новости глаукомы* 2018; 4(48):42-43. <https://doi.org/10.30808/978-5-6040782-2018-1-1-106-110>.
48. Еричев В.П., Ермолаев А.П., Григорян Г.Л., Антонов А.А., Котляр К., Мазурова Ю.В., Левицкий Ю.В., Хдери Х. Периметрия у ограничено подвижных и лежачих пациентов при помощи портативного периметра на базе шлема виртуальной реальности. *Новости глаукомы* 2019; 1(49):56-57.
49. Григорян Л.А., Симакова И.Л., Куроедов А.В. Периметрия как методика с позиций практического офтальмолога. *Национальный журнал глаукома* 2021; 20(3):21-29. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2021-20-3-21-29>.
50. Tikhonovskaya I.A. Variants of perimetry with doubling of spatial frequency in the diagnosis of some optic neuropathies: Cand. Med. Sci. diss. thesis. Saint Petersburg, Military Medical Academy, 2022. 21 p.
51. Mowatt G., Burr J.M., Cook J.A. Siddiqui M.A., Ramsay C., Fraser C., Azuara-Blanco A., Deeks J.J. OAG Screening Project. Screening tests for detecting open-angle glaucoma: systematic review and meta-analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49(12):5373-5385. <https://doi.org/10.1167/iovs.07-1501>.
52. Tatemichi M., Nakano T., Tanaka K., Hayashi T., Nawa T., Miyamoto T., Hiro H., Iwasaki A., Sugita M. Glaucoma Screening Project (GSP) Study Group. Performance of glaucoma mass screening with only a visual field test using frequency-doubling technology perimetry. *Am J Ophthalmol* 2002; 134(4):529-537. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(02\)01684-7](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(02)01684-7).
53. Order No. 124N "On approval of the procedure for preventive examination and medical examination of certain groups of the adult population". (Electronic resource.) <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201904250016>.
54. Kazanfarova M.A., Alekseev I.B., Lindenbraten A.L., Kochergin S.A. Improving effectiveness of glaucoma screening during prophylactic medical examinations: current approaches. *RMJ Clinical ophthalmology* 2019; 19(3):122-127. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2019-19-3-122-127>.
55. Degtyareva L.N. To help the practitioner – detect glaucoma in general practice – Measuring intraocular pressure. *Rossiyskiy semejnyy vrach. Russian family doctor* 2014; 2:38-41.
56. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 558n of 9.06.2020
57. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 558n dated June 9, 2020 "On Amendments to the Procedure for Providing medical care to adults with Diseases of the Eye, its accessory apparatus and Orbit, approved by Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 902n dated November 12, 2012".
58. Loskutov I.A., Ibatulin R.A. Early detection of glaucoma in optometric practice. *Glaucoma* 2016; 2:60-62 (in Russ.).
59. Korneeva A.V., Isakov I.N., Kuroedov A.V., Onufriyчук O.N. Diagnosing glaucoma in optometry practice. *RMJ Clinical ophthalmology* 2022; 22(4):258-264. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2022-22-4-258-264>.
60. Kuroyedov A.V., Ostapenko G.A., Mitroshina K.V., Movsisyan A.B. State of the art of glaucoma diagnosis: neural networks and artificial intelligence. *RMJ Clinical ophthalmology* 2019; 19(4):230-237. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2019-19-4-230-237>.
61. Movsisyan A.B., Kuroyedov A.V. Making a diagnosis of glaucoma at the present time. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology* 2023; 23(1):47-53. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2023-23-1-47-53>.
62. Kuroedov A.V., Gorodnichiy V.V. Computer retinotomography (HRT): diagnostics, dynamics, reliability. Moscow, Publishing Center MNТK Eye Microsurgery, 2007. 236 p.
63. Machekhlin V.A. Retinotomograficheskie issledovaniya diska zritel'nogo nerva v norme i pri glaukome [X-ray and tomographic examinations of an optic disk in glaucomatous and normal eyes]. Moscow, Oftalmologiya Publ., 2011. 334 p.
64. Shpak A.A. Spektral'naya opticheskaya kogerentnaya tomografiya vysokogo razresheniya [High-resolution spectral optical coherence tomography]. Moscow, 2014. 170 p.
65. Erichev V.P., Ermolaev A.P., Antonov A.A., Sipliviy V.I. Study of the field of view using a portable perimeter made on the basis of a virtual reality helmet. *Glaucoma news* 2018; 4(48):42-43. <https://doi.org/10.30808/978-5-6040782-2018-1-1-106-110>.
66. Erichev V.P., Ermolaev A.P., Grigoryan G.L., Antonov A.A., Kotlyar K., Mazurova YU.V., Levickiy YU.V., Hderi H. Perimetry in patients with limited mobility and bedridden using a portable perimeter based on a virtual reality helmet. *Glaucoma news* 2019; 1(49):56-57.
67. Grigoryan L.A., Simakova I.L., Kuroyedov A.V. Perimetry as a technique from the standpoint of practicing ophthalmologists. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2021; 20(3):21-29. <https://doi.org/10.53432/2078-4104-2021-20-3-21-29>.